

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Use of Health Index and Reliability Data for Transformer Condition Assessment and Fleet Ranking / P. Picher, J.-F. Boudreau, A. Manga, C. Rajotte, C. Tardif, G. Bizier, N. Di Gaetano, D. Garon, B. Girard, J.-F. Hamel, S. Proulx / Hydro-Québec, Canada // 45th CIGRE Session, Paris (France), 2014, report A2-101.

2. Health index as one of the best practice for condition assessment of transformers and substation equipment's – Hungarian experience / B. Németh, CS. Vörös, G. Csépes / Budapest University of Technology and Economics Hungary // 45th CIGRE Session, Paris (France), 2014, report A2-103.

3. Pattern Recognition Techniques for Determining the Health Index of Oil-Paper Insulation of In-service Power Transformers / T. K. Saha, H. Ma, C. Ekanayake, D. Martin, D. Allan / The University of Queensland Australia // 45th CIGRE Session, Paris (France), 2014, report A2-105.

УДК 621.311

### РАСЧЕТ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 КВ

### CALCULATION OF CURRENT CUTOFF OVERHEAD LINES OF 110 KV

Кусов И. Р., Хадонов А. Т., Ключев Р. В., Берко И. А.  
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), г. Владикавказ,  
kluev-roman@rambler.ru

Kusov I. R., Hadonov A. T., Klyuev R. V., Berko I. A.  
North Caucasian Institute of mining and metallurgy  
(State Technological University), Vladikavkaz

**Аннотация:** В работе приведен расчет токовой отсечки воздушных линий напряжением 110 кВ. В работе получены значения токов качания по воздушным линиям, определены зоны защит линий, уровни остаточных напряжений на шинах подстанции Зарамагской ГЭС. Сделаны выводы по использованию рассчитанной релейной защиты в электроэнергетической системе.

**Abstract:** The paper presents the calculation of the current cut-off of overhead lines of 110 kV. The paper presents the current value of the swing on the overhead lines, defined zone of protection lines, residual stress levels on tires substation Zaramagskaya HPP. Conclusions on the Use of calculated relay protection in the power system.

**Ключевые слова:** токовая отсечка; ток; сопротивление; защита.  
**Key words:** current cutoff; current; resistance; protection.

Для обеспечения потребностей РСО-Алания в электроэнергии важнейшая роль отводится строительству и вводу в эксплуатацию крупнейшего гидроэнергетического объекта Юга России – Зарамагской ГЭС (ЗГЭС) мощностью 342 МВт. Надежное функционирование ЗГЭС невозможно без расчета и выбора релейной защиты воздушных линий напряжением 110 кВ. Применительно к ЗГЭС ниже приведен расчет токовой отсечки (ТО).

Отсечка является разновидностью токовой защиты, позволяющей обеспечить быстрое отключение при к. з. Токовые отсечки подразделяются на отсечки мгновенного действия и отсечки с выдержкой времени (около 0,3-0,6 с). Для обеспечения расчетной зоны действия отсечки трансформаторы тока, питающие ее цепи, должны работать при токе срабатывания отсечки, равном току срабатывания с погрешностью  $\Delta I \leq 10 \%$ .

Ток срабатывания отсечки определяется от максимального тока, протекающего через защиту при расчетных условиях:

а) отстройка от максимального тока линий при к. з. на шинах приемной подстанции;

б) отстройка от максимального тока линий при к. з. на шинах подстанции в месте установки защиты;

в) отстройка от максимального тока качаний.

Место установки защиты подстанция (п/с) «Нузал»: трехфазное к. з. произошло на шинах п/с «Зарамаг». Схема защиты электроэнергетической системы, включающей ЗГЭС (рисунок), состоит из генератора, трансформатора и двух воздушных линий напряжением 110 кВ.

Токи короткого замыкания составили:  $I_{K2}=3,984$  кА;  $I_{K4}=0,895$  кА.

Сопротивления, показанные на рисунке, равны:  $X_{ВЛ1}=23,645$  Ом;  $X_{ВЛ2}=96,582$  Ом;  $X'_d=1,052$  Ом;  $X_{Т1}=126,238$  Ом.

Длины линий ВЛ<sub>1</sub> и ВЛ<sub>2</sub> равны:  $L_{ВЛ1}=56,04$  км;  $L_{ВЛ2}=228,62$  км.

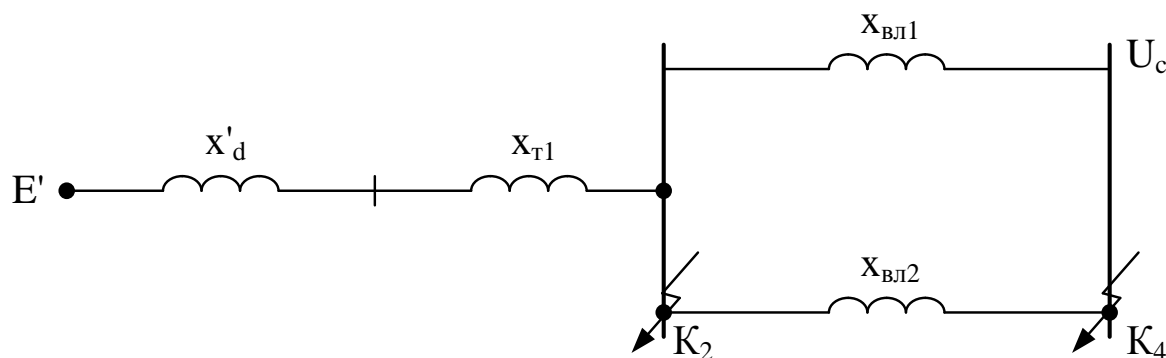


Схема замещения

Приводим схему замещения к простейшему виду [1]:

$$X_1 = \frac{X_{ВЛ1} \cdot X_{ВЛ2}}{X_{ВЛ1} + X_{ВЛ2}}; X_1 = 18,995 \text{ Ом}; X_2 = X'_d + X_{Т1}; X_2 = 127,29 \text{ Ом};$$

$$X_3 = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}; \quad X_3 = 16,528 \quad \text{Ом}; \quad X_{\text{ЭКВ.МИН.ВЛ2}} = X_3 + X_{\text{ВЛ2}};$$

$$X_{\text{ЭКВ.МИН.ВЛ2}} = X_3 + X_{\text{ВЛ2}} \quad \text{Ом};$$

$$K2_{\text{ВЛ2}} = 1 - \frac{X_{\text{ВЛ1}}}{X_3 + X_{\text{ВЛ1}}}; \quad K2_{\text{ВЛ2}} = 0,411.$$

Ток линии при к. з. равен:

$$I_{\text{Л}} = I_{\text{К2}} \cdot K2_{\text{ВЛ2}}; \quad I_{\text{Л}} = 1,639 \text{ кА}.$$

Ток качаний по линии ВЛ<sub>2</sub>:

$$I_{\text{кач.макс.ВЛ2}} = \frac{2,1 \cdot I_{\text{б}}}{X_{\text{ЭКВ.МИН.ВЛ2}}}; \quad I_{\text{кач.макс.ВЛ2}} = 0,003 \text{ кА},$$

где  $I_{\text{б}} = 0,166 \text{ кА}$  – базовый ток.

Ток срабатывания отсечки выбирается по наибольшему из полученных токов:

$$I_{\text{с.з.ВЛ2}} = 1,2 \cdot I_{\text{Л}}; \quad I_{\text{с.з.ВЛ2}} = 1,967 \text{ кА}.$$

Определяем зону, защищаемую отсечкой со стороны п/с «Зарамаг». Ток срабатывания ТО равен:

$$I_{\text{с.то}} = k_{\text{н}} \cdot I_{\text{К4}}; \quad I_{\text{с.то}} = 0,985 \text{ кА},$$

где  $k_{\text{н}}$  – коэффициент надежности, принимаемый равный 1,1.

Зоны защиты ВЛ<sub>1</sub> и ВЛ<sub>2</sub>:

$$L_{\text{защ.ВЛ1}} = L_{\text{ВЛ1}} \cdot \frac{I_{\text{с.то}}}{I_{\text{К2}}}; \quad L_{\text{защ.ВЛ1}} = 13,848 \text{ км};$$

$$L_{\text{защ.ВЛ1}} = \frac{L_{\text{защ.ВЛ1}}}{L_{\text{ВЛ1}}} \cdot 100\%; \quad L_{\text{защ.ВЛ1}} = 24,711 \%;$$

$$L_{\text{защ.ВЛ2}} = L_{\text{ВЛ2}} \cdot \frac{I_{\text{с.то}}}{I_{\text{К2}}}; \quad L_{\text{защ.ВЛ2}} = 56,495 \text{ км};$$

$$L_{\text{защ.ВЛ2}} = \frac{L_{\text{защ.ВЛ2}}}{L_{\text{ВЛ2}}} \cdot 100\%; \quad L_{\text{защ.ВЛ2}} = 24,711 \%.$$

Определяем уровень остаточного напряжения на шинах п/с «Зарамаг» и п/с «Нузал» (в месте установки защиты) при к. з. зоны действия отсечки.

$U_{\text{ост}}$  на шинах п/с «Зарамаг»:

$$U_{\text{ост}} = I_{\text{К2}} \cdot X_1; \quad U_{\text{ост}} = 76,675 \text{ кВ}; \quad U_{\text{ост}} = \frac{U_{\text{ост}}}{U_{\text{ср}}}; \quad U_{\text{ост}} = 0,658 \%,$$

где  $U_{\text{ср}} = 115 \text{ кВ}$  – среднее напряжение;

– на шинах п/с «Нузал»:

$$U_{\text{ост.вл1}} = I_{\text{к4}} \cdot X_1; U_{\text{ост.вл1}} = 17 \text{ кВ}; U_{\text{ост}} = \frac{U_{\text{ост}}}{U_{\text{ср}}}; U_{\text{ост}} = 0,006 \text{ \%}.$$

Токовые отсечки мгновенного действия являются самой простой защитой. Быстрота их действия в сочетании с простотой схемы и обслуживания составляет весьма важное преимущество этих защит.

Недостатками мгновенной отсечки являются: неполный охват зоной действия защищаемой линии и непостоянство зоны действия под влиянием сопротивлений в месте повреждения и изменений режима системы, однако последнее не оказывает существенного влияния в мощных энергосистемах.

Отсечка с выдержкой времени позволяет обеспечить достаточно быстрое отключение повреждений на защищаемой линии. Наиболее успешным является сочетание отсечек и максимальной защиты, которая во многих случаях успешно заменяет более сложные защиты. Полученные результаты использованы в ходе строительства ЗГЭС [2-5].

#### Список использованных источников

1. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М. : Высшая школа, 1985. 536 с.
2. Васильев И. Е., Ключев Р. В., Кочиев П. Г., Кочиев Р. П. Комплексное исследование и расчет водно-энергетических ресурсов Головной ЗГЭС РСО-Алания // Депонир. в ВИНТИ. №1604-В2006. Владикавказ. 2006. 23 с.
3. Ключев Р. В. Анализ устойчивой работы высокогорной гидроэлектростанции // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 263–268.
4. Васильев И. Е., Ключев Р. В., Долганов А. А. Исследование и расчет устойчивости работы высокогорных малых гидроэлектростанций (МГЭС) // Устойчивое развитие горных территорий. 2011. № 3 (9). С. 50–58.
5. Васильев И. Е., Ключев Р. В., Долганов А. А. Разработка научно-технических основ расчета функционирования и управления малыми гидроэлектростанциями (МГЭС) // Устойчивое развитие горных территорий. 2013. № 3 (17). С. 5–9.

УДК 533.24

#### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ АДСОРБЕНТА БЛОКА ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА КОМПЛЕКСЕ СПГ ГРС-4 НОВОСВЕРДЛОВСКОЙ ТЭЦ**

#### **EFFICIENCY INCREASE OF THE GAS DEHYDRATION UNIT ADSORBENT REGENERATION AT THE LNG COMPLEX GDS-4 NOVOSVERDLOVSKAYA CHP**